

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-178573

(43)公開日 平成6年(1994)6月24日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H 0 2 P 5/00

5 0 1

9063-5H

H 0 2 K 19/10

A

7254-5H

H 0 2 P 1/50

2116-5H

6/02

3 7 1

T

8938-5H

審査請求 未請求 請求項の数4(全10頁)

(21)出願番号

特願平4-350261

(22)出願日

平成4年(1992)12月2日

(71)出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72)発明者 坂野 哲朗

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 有本 公平

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

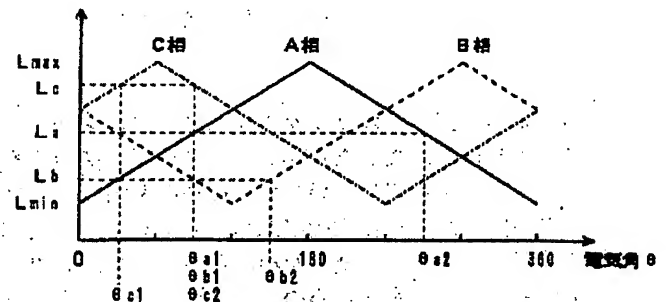
(74)代理人 弁理士 竹本 松司 (外3名)

(54)【発明の名称】 可変リラクタンスモータの始動時電気角検出方法

(57)【要約】

【目的】 アブソリュート型ロータリエンコーダを使用せず、可変リラクタンスモータ始動時の電気角を検出する。

【構成】 可変リラクタンスモータは、ロータの突極歯とステータの突極歯との対向面積の大きさに比例してインダクタンスが変化するから、ロータの位置、すなわち電気角によってインダクタンスが変化する。そこで、2相以上の相に微小電流を流し、その電流値と変化率から各相のインダクタンス L_a 、 L_b 、(L_c)を測定する。検出されたインダクタンスに対応する電気角 θ_{a1} 、 θ_{a2} 、 θ_{b1} 、 θ_{b2} (θ_{c1} 、 θ_{c2})を求める。共通する電気角(近接する電気角の平均)を始動時の電気角とする。駆動開始後は、インクリメント型ロータリエンコーダによって電気角を更新する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 可変リラクタンスモータの始動時におけるロータの電気角検出方法において、励磁コイルを励磁した時のインダクタンスを2相以上測定し、該インダクタンスよりロータ電気角を求めることを特徴とする可変リラクタンスモータの始動時電気角検出方法。

【請求項2】 励磁コイルにステップ状に電圧を印加し、流れる電流と、その変化値を検出し、検出された電流値とその変化値に基づいてインダクタンスを求める請求項1記載の可変リラクタンスモータの始動時電気角検出方法。

【請求項3】 可変リラクタンスモータの始動時におけるロータの電気角検出方法において、1相の励磁コイルのみ短い時間だけ励磁されるようにPWM指令を出力して1相を励磁し、該励磁相の電流値をPWM制御の周期と同一周期で測定し、電流値とその変化量を求め、この電流値と変化量及び予め測定していた励磁コイルの抵抗値よりインダクタンスを求め、同様に他の相のインダクタンスを求め、少なくとも2つの相のインダクタンスを求めることによってロータの電気角を求めることを特徴とする可変リラクタンスモータの始動時電気角検出方法。

【請求項4】 始動時のロータの電気角が検出され、該電気角に基づいてモータが駆動された後は、モータに取り付けられたインクリメント型ロータリエンコーダからの信号を処理して電気角を更新する可変リラクタンスモータの始動時電気角検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、可変リラクタンスモータに関し、特に、該モータの始動時に必要なロータの電気角検出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 可変リラクタンスモータはステータの励磁コイルに励磁電流を供給して、ステータ突極歯を励磁し、ステータ突極歯に発生する磁気吸引力によって、ロータの突極歯を引きよせ回転力としてロータを回転駆動するモータである。そのため、各相ごとに励磁コイルに励磁電流を供給するためのスイッチング素子を設け、且つ、ロータの回転位置、すなわちロータの電気角を検出器で検出し、検出した電気角に応じてスイッチング素子を開閉させて励磁する相を決めている。

【0003】 上記ロータの電気角を検出する検出手段として、従来、モータに回転位置がそのまま検出できるアブソリュート型ロータリエンコーダを取り付け、このエンコーダからの回転位置信号に基づいて励磁相を制御する方法が取られている。

【0004】 また、アブソリュート型ロータリエンコーダは高価であることから、所定回転角毎にパルスを出力するインクリメント型ロータリエンコーダをモータ軸に

2

取り付けて、このエンコーダからの信号に基づいて電気角を検出し、モータの励磁相を制御する方法も採用されている。

【0005】 可変リラクタンスモータを始動させる場合にも、当然ロータの電気角を知る必要があるが、上記アブソリュート型ロータリエンコーダを使用したものであれば、モータに電源を投入した時点での電気角を知ることができる。しかし、上記インクリメント型ロータリエンコーダを使用する場合には、始動時の電気角が不明である。そこで、従来は、ある特定の相のみを励磁し、ロータが磁気エネルギー最小の位置（励磁相の突極歯とロータの突極歯が合致する位置）に落ち着くのを待って、その位置の電気角からモータを回転させるようにしている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 以上のべたように、エンコーダとして、アブソリュート型ロータリエンコーダを使用すれば、始動時における電気角も検出でき、モータを適性に制御することができるが、アブソリュート型ロータリエンコーダは高価であるという欠点を有する。一方、インクリメント型ロータリエンコーダを使用する場合には、始動時に電気角が分からない。そのため、始動時の電気角を決めるため、特定の相を励磁してロータの回転位置が落ち着くのを待って駆動を開始する方法であると、始動時にモータが勝手な方向に回転し好ましくない。

【0007】 そこで、本発明の目的は、アブソリュート型ロータリエンコーダを使用することなく、かつ、モータを回転させることもなく始動時の電気角を検出することができる可変リラクタンスモータの始動時電気角検出方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明においては、始動時において、励磁コイルを励磁した時のインダクタンスを2相以上測定し、該インダクタンスよりロータ電気角を求める。インダクタンスの測定方法としては、励磁コイルにステップ上に電圧を印加し、流れる電流と、その変化値を検出し、検出された電流値とその変化値に基づいてインダクタンスを求める。求められた2つの相以上のインダクタンスより電気角を求める。モータをPWM制御する場合には、1相の励磁コイルのみ短い時間だけ励磁されるようにPWM指令を出力して1相を励磁し、該励磁相の電流値をPWM制御の周期と同一周期で測定し、電流値とその変化量を求め、この電流値と変化量及び予め測定していた励磁コイルの抵抗値よりインダクタンスを求め、同様に他の相のインダクタンスを求め、少なくとも2つの相の coils のインダクタンスを求めることによってロータの電気角を求める。一度電気角が求められれば、この電気角でモータの駆動を開始し、以後は、モータに取り付けられたインクリメント型ロータリエンコ

ータからの信号を処理して電気角を更新する。

【0009】

【作用】可変リラクタンスモータは、ロータとステータの突極歯間のギャップが小さいので、各相の励磁コイルを励磁した時のインダクタンスはロータとステータの突極歯の対向面積に比例し、ほぼ直線的に変化する。すなわち、ロータとステータの突極歯の対向面積が増加する*

$$v = L \cdot (di/dt) + Ri$$

上記1式より次の2式が成立する。

$$L = (v - Ri) / (di/dt) \quad \dots (2)$$

励磁コイルの抵抗Rは予め測定し求めておき、モータの始動開始時に励磁コイルに所定電圧vを印加し、その時流れる電流iの値及び変化値を求めれば、上記2式より励磁コイルのインダクタンスLが求められる。しかし、上述したように、インダクタンスは電気角0度～360度の間において増大し、減少するものであるから、同一のインダクタンスの値に対して電気角が2つ求められる。そのため、2つ以上の相の各励磁コイルのインダクタンスを検出し、夫々求められた電気角の内、共通する電気角を始動開始時のロータの停止位置における電気角として検出する。

【0011】

【実施例】図1は本発明を実施する一実施例の可変リラクタンスモータの断面図である。

【0012】ロータ2は4極を有し、ステータ1はA相、B相、C相の3相で夫々2つの突極歯3a, 3a', 3b, 3b', 3c, 3c'の6極で構成され、A相の突極は3a, 3a'には、A相の励磁コイル4aが巻回され、B相の突極は3b, 3b'には、B相の励磁コイル4bが巻回され、C相の突極は3c, 3c'には、C相の励磁コイル4cが巻回されている。なお、A, A', B, B', C, C'は、A相、B相、C相の励磁コイル4a, 4b, 4cの端子である。

【0013】この実施例においては、突極歯の幅はロー*

$$L_a = L_{min} + d \times \theta$$

$$L_a = L_{max} - d \times (\theta - 180)$$

$$L_b = L_{max} - d \times (\theta + 60)$$

$$L_b = L_{min} + d \times (\theta - 120)$$

$$L_b = L_{max} - d \times (\theta - 300)$$

$$L_c = L_{min} + d \times (\theta + 120)$$

$$L_c = L_{max} - d \times (\theta - 60)$$

$$L_c = L_{min} + d \times (\theta - 240)$$

*につれてインダクタンスは増大し、対向面積が減少するにつれて減少し、電気角0度から360度の間で増大し、その後減少することになる。励磁コイルは抵抗をRとしインダクタンスをLの直列回路で近似できるから、励磁コイルに電圧vを印加し電流iが流れるとすると、次の1式が成立する。

【0010】

... (1)

※タ、ステータともに45度（機械角）である。そして、ロータ2の電気角θはロータの突極歯とA相の突極歯3a, 3a'との対抗面積最小の位置（対抗開始位置）を0度とし、図面中右回りを電気角の正方向としており、上記突極歯の対抗面積が最大になる位置（突極歯が完全に対抗する位置）を180度、そして、ロータ2が回転し再び対向面積が最小となる位置を電気角360度としている。

【0014】ロータ2とステータ1の突極歯間のギャップは小さいので、各相の励磁コイル4a, 4b, 4cのインダクタンスはロータ2とステータ1の突極歯の対向面積に比例しほぼ直線的に変化する。図2に示すように、A相の励磁コイル4aのインダクタンスは電気角0度（360度）で最小のインダクタンスLminとなり、電気角180度で最大のインダクタンスLmaxとなる。そして、電気角120度、240度の位相差のあるB相、C相のインダクタンスは、図2に示すように、120度、240度シフトしてA相のインダクタンスの大きさと同じパターンで変化する。

【0015】そこで、このインダクタンスを折れ線の式で近似するとして、A, B, C相の励磁コイルのインダクタンスを夫々La, Lb, Lcとすると、次の3式のように近似できる。

【0016】

$$(0 \leq \theta < 180)$$

$$(180 \leq \theta < 360)$$

$$(0 \leq \theta < 120)$$

$$(120 \leq \theta < 300)$$

$$(300 \leq \theta < 360)$$

$$(0 \leq \theta < 60)$$

$$(60 \leq \theta < 240)$$

$$(240 \leq \theta < 360)$$

... (3)

4aのインダクタンスLaの値である。

【0017】上記3式を電気角θについて解くと、

$$(0 \leq \theta < 180)$$

$$(180 \leq \theta < 360)$$

$$(0 \leq \theta < 120)$$

$$(120 \leq \theta < 300)$$

ただし、 $d = (L_{max} - L_{min}) / 180$ であり、Lmin, Lmaxはロータ2の突極歯を電気角0度、180度に位置決めしておき、夫々予め測定したA相励磁コイル

$$\theta = (L_a - L_{min}) / d$$

$$\theta = (2 L_{max} - L_{min} - L_a) / d$$

$$\theta = [(L_{max}/2) + (L_{min}/2) - L_b] / d$$

$$\theta = [(2 L_{max}/3) - (5 L_{min}/3) + L_b] / d$$

$$\begin{aligned}
 \theta &= [(8 L_{\max}/3) - (5 L_{\min}/3) - L_b] / d & (300 \leq \theta < 360) \\
 \theta &= [L_c - (2 L_{\max}/3) - (L_{\min}/3)] / d & (0 \leq \theta < 60) \\
 \theta &= [(4 L_{\max}/3) - (L_{\min}/3) - L_c] / d & (60 \leq \theta < 240) \\
 \theta &= [L_c + (4 L_{\max}/3) - (7 L_{\min}/3)] / d & (240 \leq \theta < 360) \\
 &\dots (4)
 \end{aligned}$$

そこで、モータの始動開始時に上記励磁コイルのインダクタンスを測定し、上記4式より電気角 θ を求めればよい。しかし、図2に示すように、例えばA相のインダクタンス L_a を測定しても、その測定値に対応する電気角は2つあることになる。そのため、2つ以上の相のインダクタンスを求めて、得られる電気角で共通の電気角をロータの電気角とする。例えば、A相のインダクタンス L_a が図2に示すような値であり、上記4式より電気角 θ_{a1} 、 θ_{a2} が求められたとする。また、B相のインダクタンス L_b を求めて上記4式より電気角が θ_{b1} 、 θ_{b2} が求められたとする。理論的には、求められた電気角 θ_{a1} 、 θ_{a2} 、 θ_{b1} 、 θ_{b2} の内1つは共通のものがある(図2では $\theta_{a1} = \theta_{b1}$)。しかし、実際は、共通の電気角を検出することは難しい(図2で θ_{a1} と θ_{b1} は一致しない)。

【0018】これを解決する方法として、A相のインダクタンス L_a から求められた電気角 θ_{a1} 、 θ_{a2} と、B相のインダクタンス L_b から求められた電気角 θ_{b1} 、 θ_{b2} ＊

$$\Delta(i, j, k) = (\theta_{ai} - \theta_{bj})^2 + (\theta_{bj} - \theta_{ck})^2 + (\theta_{ck} - \theta_{ai})^2 \dots (5)$$

ただし、 $i=1, 2, j=1, 2, k=1, 2$

図2に示す例では、 $i=1, j=1, k=2$ の場合で上記5式が最小となり、電気角 θ は、 $\theta = (\theta_{a1} + \theta_{b1} + \theta_{c2}) / 3$ として求められる。この3相すべての励磁コイルのインダクタンスから電気角を求める上記方法では、検出誤差は電気角で最大3.3度であった。

【0020】上述した、2相、もしくは3相の各励磁コイルのインダクタンスによって電気角を求める方法は、モータの総数、極数に関係なく、励磁コイルのインダクタンスが電気角によって変化する可変リラクタンスモータに適用できるものである。

【0021】例えば、図3に示す例は、3相でロータが4極、ステータの突極歯が6つであり、ステータの突極歯の幅は図1に示す例と同一の45度(機械角)であるが、ロータの突極歯の幅が55度である可変リラクタンスモータの場合における電気角に対する各相インダクタンスの変化を示す図である。ロータの突極歯の歯幅が広いと、A相の励磁コイルのインダクタンス L_a が $0 \leq \theta \leq 20$ 、 $160 \leq \theta \leq 200$ 、 $340 \leq \theta \leq 360$ の範囲の電気角 θ でフラットになり、B相、C相においても同様であるが、この図3からも分かるように、2相、もしくは3相の各励磁コイルのインダクタンスを検出することによって上述した方法によって電気角 θ を求めることができる。

【0022】励磁コイルのインピーダンスを測定する方

＊の差の最小となる組み合わせを検出し(| $\theta_{a1} - \theta_{b1}$ |, | $\theta_{a1} - \theta_{b2}$ |, | $\theta_{a2} - \theta_{b1}$ |, | $\theta_{a2} - \theta_{b2}$ |の内最小値を取るもの)、その組み合わせの電気角の平均をその時の電気角とする。この方法で求めた電気角の検出誤差は最大で電気角10度であった。さらに、電気角の検出精度をあげるためには、3相すべての励磁コイルのインダクタンスを求めて、電気角を求めるようにすればよい。例えば、A、B、C相の励磁コイルの測定インダクタンスが図2に示すように、 L_a 、 L_b 、 L_c で、上記4式で求められる電気角が夫々 θ_{a1} 、 θ_{a2} 、 θ_{b1} 、 θ_{b2} 、 θ_{c1} 、 θ_{c2} であったとき、各相で求めた電気角の内共通する電気角が理論上は存在する(図2の例では $\theta_{a1} = \theta_{b1} = \theta_{c2}$ で理論上一致する)。しかし、実際は一致せず、この理論上一致する真の電気角 θ を求める方法として、次の5式に示す評価関数によって $\Delta(i, j, k)$ が最小となる(i, j, k)を求め、求められた θ_{ai} 、 θ_{bj} 、 θ_{ck} の平均値を電気角とする。

【0019】

法としては、可変リラクタンスモータの1相分の励磁コイルは抵抗 R とインダクタンス L の直列回路として近似できるから、該励磁コイルの端子に電圧 v を印加し、電流 i が流れたとすると、上述した1式が成立し、2式によってインダクタンス L を求めることができる。そこで、ロータが回転しない程度に1相づつ1つの励磁コイルのみ電圧 v を印加して電流 i 及びその変化率(di/dt)を測定し、上記2式によってインダクタンスを少なくとも2相分求める。このインダクタンスを測定する方法としては、特別な測定回路を設置してもよいが、本実施例では、可変リラクタンスモータを制御する回路を利用して測定する。

【0023】図4は本実施例におけるモータ駆動回路と始動時の電気角を測定するための回路を示す要部ブロック図であり、モータ駆動制御回路は従来と同一であり、図4では省略している。図4中10はモータ駆動回路で、11は整流回路、Cはコンデンサであり、該整流回路11の出力である直流電圧 V_{link} は、各相スイッチング素子とダイオードDの直列回路の両端に印加されるようになっている。A相のスイッチング素子G1、G2をオンにすることによって、整流回路11、スイッチング素子G1、電流検出用抵抗 R_a 、A相の励磁コイル4a、スイッチング素子G2、整流回路の経路で電流が流れA相の励磁コイル4aが励磁される。同様にB相のスイッチング素子G3、G4がオンになると、電流検出用

抵抗R_bを介してB相の励磁コイル4_bに電流が流れB相励磁コイル4_bが励磁される。また、スイッチング素子G₅、G₆がオンになると、C相励磁コイル4_cが励磁される。

【0024】上記モータ駆動回路は、従来の可変リラクタンスモータ駆動回路と同一構成である。各電流検出用抵抗R_a、R_b、R_cの両端は絶縁トランス12_a、12_b、12_cに接続され、A、B、C相の励磁電流を検出ようになっており、検出電流値はA/D変換器13_a、13_b、13_cによりデジタル信号に変換され、データバス14を介してモータの駆動制御を実行するプロセッサ15に入力されている。上記データバス14には、プロセッサ15から、モータ始動時に電気角を検出するために出力されるPWM指令値をラッチするPWM指令ラッチ回路17、励磁する励磁相指令をラッチする励磁相ラッチ回路18が接続されている。

【0025】励磁相指令は、3ビットで構成され、A相を励磁する場合には、(001)が指令され、励磁相ラッチ回路18はこの指令をラッチし、出力信号S₁=1、S₃=0、S₅=0を出力する。また、B相指令は(010)でS₁=0、S₃=1、S₅=0が出力され、C相指令では(100)でS₁=0、S₃=0、S₅=1が出力される。

【0026】16はPWM信号を作る三角波発生回路で、該三角波発生回路16の出力とPWM指令ラッチ回路17からの出力であるPWM指令値を比較器19で比較し、該比較器19の出力はアンドゲート20_a、20_b、20_cの一方の端子に入力されている。アンドゲート20_a、20_b、20_cの他方の入力端子には、励磁相ラッチ回路18の出力信号S₁、S₃、S₅が夫々入力されている。そして、励磁相ラッチ回路18の出力信号S₁、S₃、S₅及び各アンドゲートの出力信号S₂、S₄、S₆はアイソレータ21を介してスイッチング素子G₁～G₆をオン/オフさせるようになっている。

【0027】例えば、A相が選択されたとき、信号S₁が「1」(ハイレベル)となり、スイッチング素子G₁がオンとなると共に、比較器19からの信号が「1」であるとき信号S₂が「1」となってスイッチング素子G₂*

$$L_a = [V_{link} \times (T_{on}/T) - R \times i_{a1}] / [(i_{a2} - i_{a1})/T]$$

なお、3式において、Rは予め測定した励磁コイルの抵抗で、T_{on}はスイッチング素子G₂のオン時間であり、 $V_{link} \times (T_{on}/T)$ 励磁コイルにかかる平均電圧を意味する。以上のようにして、励磁コイルのインダクタンスを測定する。なお、この電気角測定のための各励磁コイルへの電圧印加区間は、ロータが回転しないように短い時間になるようにPWM指令値は決定されている。図6、図7は始動時の電気角測定のためのプロセッサ15が実施する処理のフローチャートである。

*がオンとなりA相の励磁コイル4_aが励磁されることになる。

【0028】図5は、このモータの始動開始時に行う電気角検出動作における動作説明図である。三角波発生回路16からは、図5(イ)に示すように0～255まで、大きさ(高さ)が変る三角波信号を周期Tで出力する。一方、プロセッサは、始動時の電気角測定のために設定されているPWM指令を出力し、この出力信号はPWM指令ラッチ回路17にラッチされる。そして、励磁する相、例えば、A相励磁指令(001)がプロセッサ15から出力されると励磁相ラッチ回路18でラッチされ、出力信号S₁のみが「1」となり図5(ロ)に示すように出力される。また、比較回路19は上記三角波信号とPWM指令信号を比較し、三角波<PWM信号の時のみ出力信号を「1」とするため、アンドゲート20_aから図5(ハ)に示すように、出力信号S₂が三角波<PWM信号の時のみ「1」となり出力され、スイッチング素子G₁は常時オンとなり、スイッチング素子G₂は三角波<PWM信号の時のみオンとなってA相励磁コイル4_aに図5(ニ)に示すように整流回路11の出力の直流電圧V_{link}が印加される。

【0029】A相励磁コイル4_aに電圧V_{link}が印加されると、図5(ホ)に示すように励磁電流i_aが流れ、この電流は抵抗R_a、絶縁トランス12_aを介して検出され、A/D変換器13_aを介してプロセッサ15に入力される。スイッチング素子G₂がオフになると、スイッチング素子G₁、抵抗R_a、A相励磁コイル4_a、ダイオードD、スイッチング素子G₁の閉回路によって、励磁コイルの電流は環流し、電流i_aは図5(ホ)に示すように流れる。そして、再びスイッチング素子G₂がオンになると、再び励磁コイル4_aに電圧V_{link}が印加され、電流i_aは増大する。そこで、この励磁コイルに流れる電流をPWM制御の周波数と等しい周波数、すなわち同一周期Tで測定する。図5(ホ)では、PWM制御の周期(三角波の周期)で電流i_{a1}、i_{a2}の2つの電流値を測定した例を示す。そして、上記2式に対応する。次の演算を行ってインダクタンスL_aを求めることができる。

【0030】

... (6)

【0031】まず、A相にPWM指令を出力し、前述したようにスイッチング素子G₁をオン、スイッチング素子G₂をPWM信号に基づいてオン/オフさせ、A相励磁コイル4_aに電圧を印加し、PWM制御の周期Tの割り込みで絶縁トランス12_a、A/D変換器13_aを介してA相励磁コイル4_aに流れる電流i_{a1}、i_{a2}を測定する(ステップ101、102)。この測定値i_{a1}、i_{a2}に基づいて上記6式の演算を行ってA相のインダクタンスL_aを求める(ステップ103)。次に、求められ

たインダクタンス L_a より、4式に示す次の演算を行って電角 θ_{a1} 、 θ_{a2} を求める (ステップ104)。なお、インダクタンスの最大値 L_{max} 、最小値 L_{min} 及び*

$$\theta = (L_a - L_{min}) / d$$

$$\theta = (2L_{max} - L_{min} - L_a) / d$$

同様に、B相、C相に対しても順次同様の処理を行い、2つの電流値 i_{b1} 、 i_{b2} 、及び i_{c1} 、 i_{c2} を求め上記2式 (上記6式における i_{a1} 、 i_{a2} を i_{b1} 、 i_{b2} 若しくは i_{c1} 、 i_{c2} に変えた式) の演算を行ってB相、C相のインダクタンス L_b 、 L_c を求め、求められたインダクタンスの値 L_b 、 L_c によって上記4式の演算を行って電角 θ_{b1} 、 θ_{b2} 、 θ_{c1} 、 θ_{c2} を求める (ステップ105～112)。

【0033】次に、レジスタ R_e に記憶できる最大値をセットし (ステップ113)、指標 i 、 j 、 k を「1」にセットし (ステップ114、115、116)、求められた電角 θ_{ai} 、 θ_{bj} 、 θ_{ck} の組み合わせ (この場合は θ_{a1} 、 θ_{b1} 、 θ_{c1}) によって上記5式の演算を行って評価関数の値 $\Delta(i, j, k)$ を求め (ステップ117)、該値 $\Delta(i, j, k)$ とレジスタ R_e に記憶する値を比較し (ステップ118)、評価関数の値 $\Delta(i, j, k)$ の方が小さいときには、この値 $\Delta(i, j, k)$ をレジスタ R_e にセットすると共に、 i 、 j 、 k の組み合わせの値も記憶する (ステップ119)。また、評価関数の値 $\Delta(i, j, k)$ の方が大きいときにはレジスタ R_e の値、及び i 、 j 、 k の組み合わせのデータは変えない。そして、指標 k をインクリメントし (ステップ120)、該指標 k が「2」以下ならば (ステップ121)、ステップ117に戻り、5式の演算を行って評価関数の値 $\Delta(i, j, k)$ を求め (この場合 $i=1$ 、 $j=1$ 、 $k=2$ であるから電角 (θ_{a1} 、 θ_{b1} 、 θ_{c2}) の組み合わせで5式の演算が行われる)、前述したステップS118～121の処理を実行する。

【0034】指標 k の値が「3」となるとステップ121からステップ122に移行し、指標 j をインクリメントして該指標が「2」を越えてないか判断し (ステップ123)、越してなければステップ116に戻り指標 k を1にセットして再びステップ117以下の処理を実行する。この場合、電角 (θ_{a1} 、 θ_{b2} 、 θ_{c1}) の組み合わせによって評価関数の値 $\Delta(i, j, k)$ が求められる。さらに、ステップ120で指標 k がインクリメントされ「2」となると、評価関数の値 $\Delta(i, j, k)$ は電角 (θ_{a1} 、 θ_{b2} 、 θ_{c2}) の組み合わせによって求められ、レジスタ R_e に記憶する値と比較されることになる。

【0035】そして、指標 j の値が「3」となると、ステップ123からステップ124に移行し、指標 i がインクリメントされ「2」となり、該指標 i が2以下であれば (ステップ125)、ステップ115に戻り指標 j を「1」にし、ステップ116で指標 k を「1」にセッ

* d の値は予め設定されている。

【0032】

$$(0 \leq \theta < 180)$$

$$(180 \leq \theta < 360)$$

とし、再びステップ117以下の処理を実行する。この場合、指標 i は「2」であり、指標 j 、 k は「1」、「2」と変化するから、上記評価関数の値 $\Delta(i, j, k)$ は、(θ_{a2} 、 θ_{b1} 、 θ_{c1})、(θ_{a2} 、 θ_{b1} 、 θ_{c2})、(θ_{a2} 、 θ_{b2} 、 θ_{c1})、(θ_{a2} 、 θ_{b2} 、 θ_{c2}) の組み合わせで夫々算出され、レジスタ R_e に記憶する値と比較され、小さい方が該レジスタ R_e に記憶されることになる。

【0036】かくして、指標 i が「3」となり、A、B、C相各2つづつの算出電角に対する8つの組み合わせにおける評価関数の値 $\Delta(i, j, k)$ が求められかつ、この内、最小の値がレジスタ R_e に記憶される。また、この最小値をとるときの指標 i 、 j 、 k の値が記憶されているから、この値に対応する電角 θ_{ai} 、 θ_{bj} 、 θ_{ck} を加算し、3で除して平均値 θ を求め、この平均値 θ を始動開始時のロータの電角 θ とし (ステップ126)、電角検出処理を終了する。

【0037】求められた電角 θ に基づいてモータを駆動開始する時の励磁相を決定し、従来と同様にモータを駆動し、駆動開始以後は、ロータ軸に取り付けられたインクリメント型ロータリエンコーダによって順次電角を求めて励磁相を制御し、モータを駆動することになる。

【0038】

【発明の効果】本発明では、高価なアブソリュート型ロータリエンコーダを使用することなく、可変リラクタンスモータの始動時の電角を求めることができるので、安価なインクリメント型ロータリエンコーダですみ、可変リラクタンスモータの駆動システムを安価に構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を実施する可変リラクタンスモータの断面図である。

【図2】同実施例におけるロータ電角と各相のインダクタンスの説明図である。

【図3】他の実施例の可変リラクタンスモータにおけるロータ電角と各相のインダクタンスの関係を示す図である。

【図4】同実施例におけるモータ駆動制御部における始動時の電角検出のための回路構成の要部ブロック図である。

【図5】同実施例におけるインダクタンス測定の説明図である。

【図6】同実施例における始動時の電角を求める処理のフローチャートである。

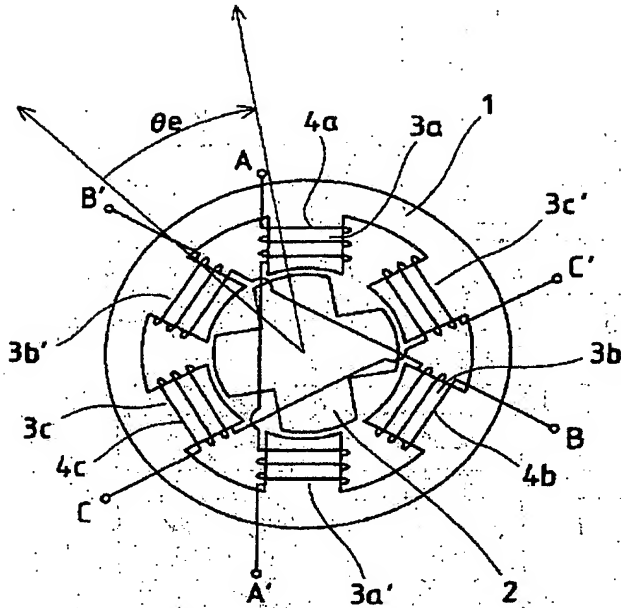
11

【図7】図6のフローチャートの続きである。

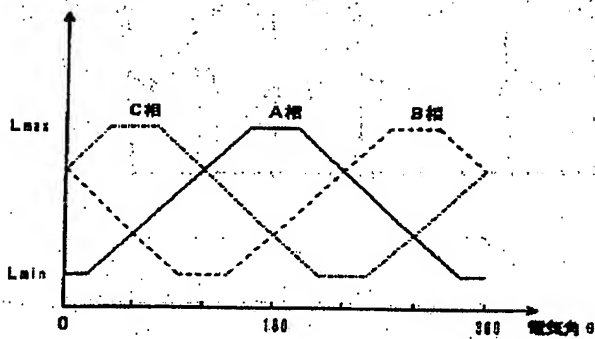
【符号の説明】

- 1 ステータ
2 ロータ

【図1】



【図3】



12

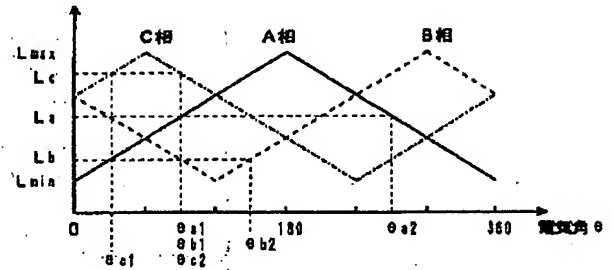
3 a, 3 a' ~ 3 c, 3 c' ステータ突極歯

4 a, 4 b, 4 c 励磁コイル

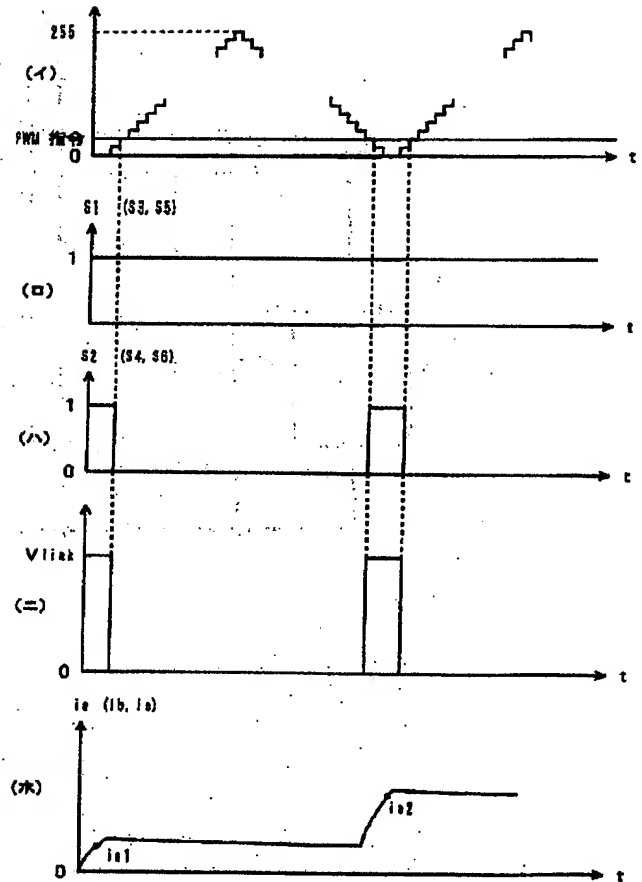
10 モータ駆動回路

11 整流回路

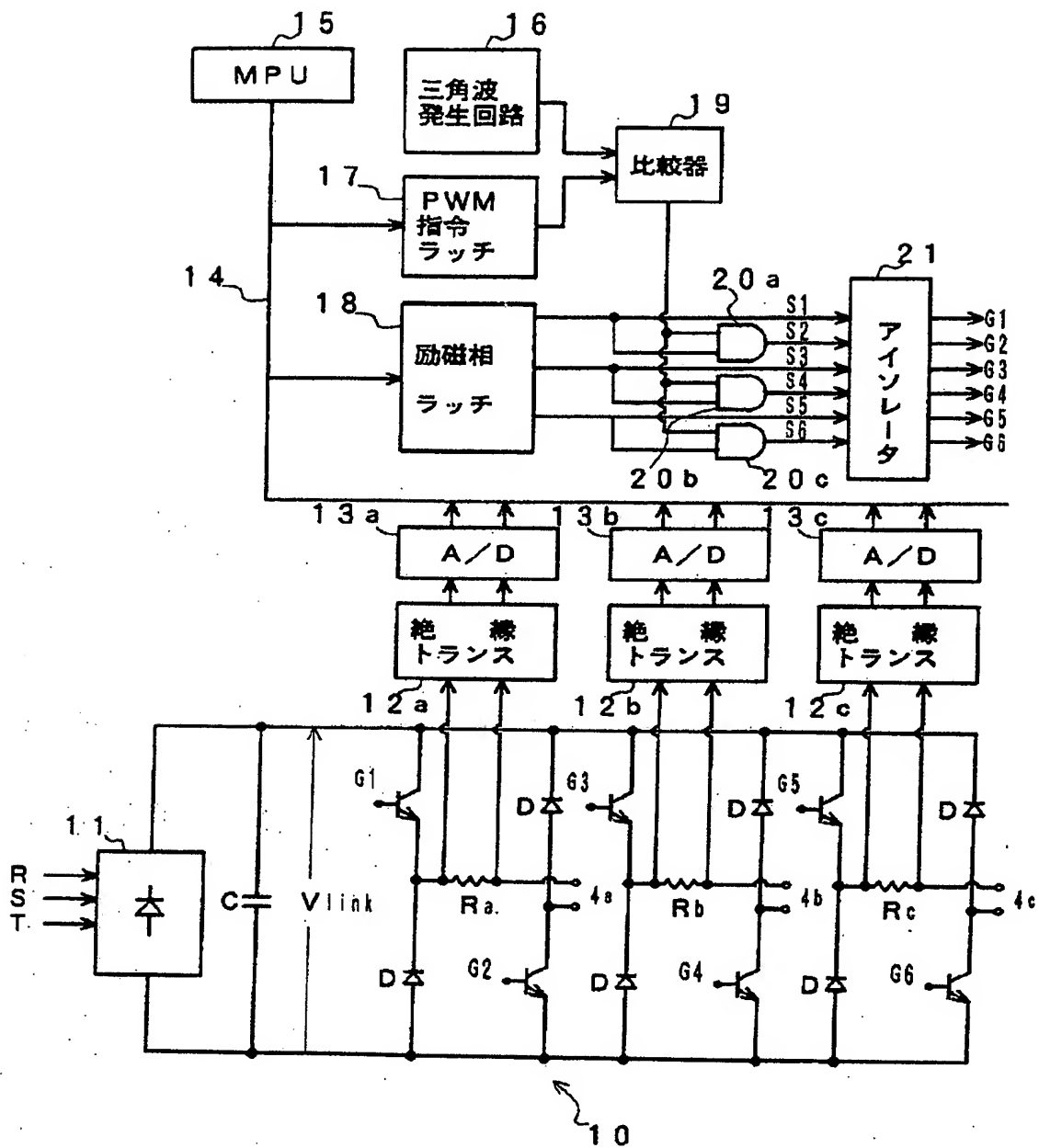
【図2】



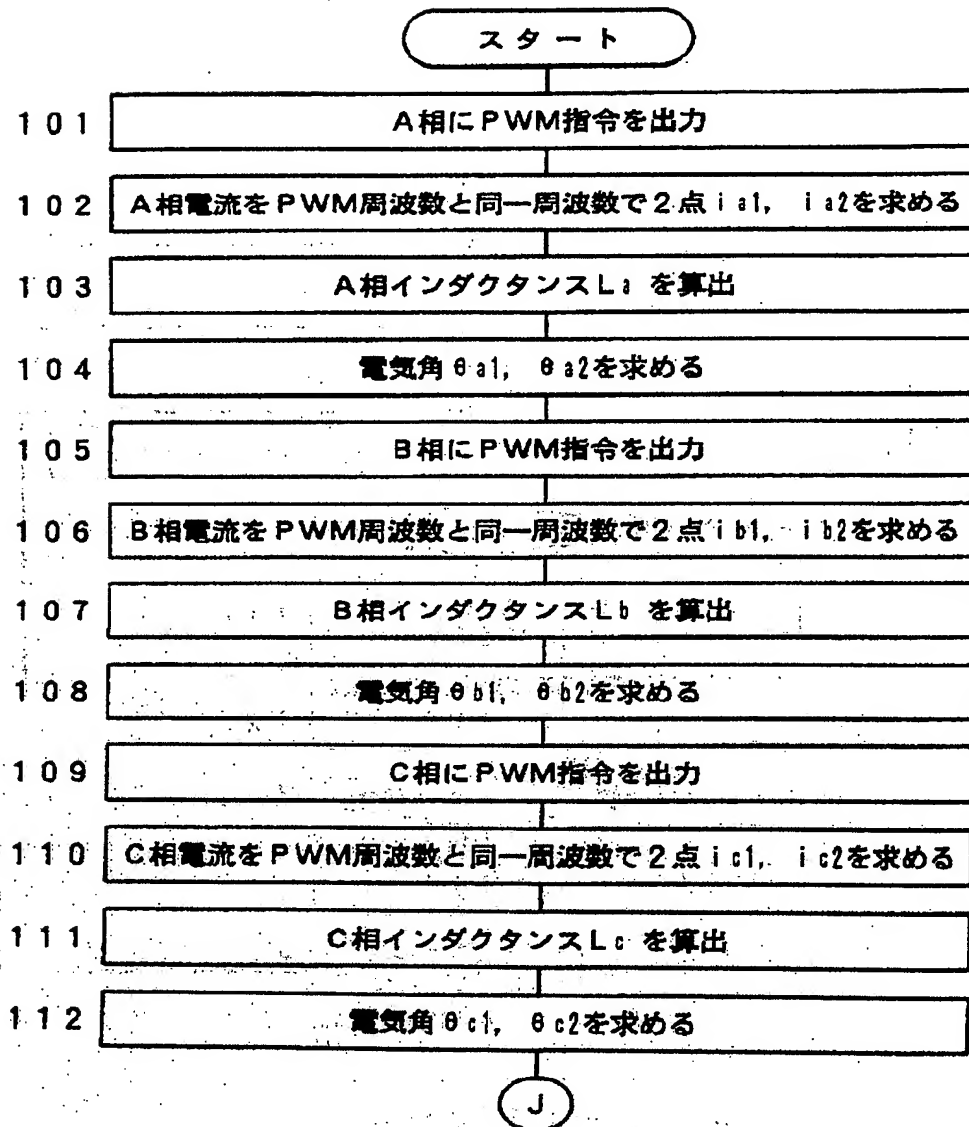
【図5】



【図 4】



【図6】



【図7】

